



(11)

# Offenlegungsschrift 24 27 751

(21)

Aktenzeichen:

P 24 27 751.8-24

(22)

Anmeldetag:

8. 6. 74

(23)

Offenlegungstag:

9. 1. 75

(30)

Unionspriorität:

(32) (33) (31)

8. 6. 73 DDR Wp 171415

(54)

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zur metallurgischen Behandlung von Metallschmelzen

(71)

Anmelder:

VEB Mansfeld-Kombinat Wilhelm Pieck, X 4250 Lutherstadt Eisleben

(72)

Erfinder:

Sofinski, Pavel I., Dr.-Ing.; Tscheboiarjew, Vladimir A., Dr.-Ing.; Moskau;  
 Mkrtschjan, Arsak E., Dipl.-Ing.; Minasjan, Colak K., Dipl.-Ing.;  
 Jerewan (Sowjetunion); Fischer, Klaus-Christian, Dr.-Ing.;  
 Engelhardt, Dirk, Dipl.-Ing.; X 4320 Aschersleben;  
 Groß, Helmut, Dipl.oec., X 4329 Nachterstedt;  
 Lungershausen, Hans-Dieter, Dipl.-Ing., X 4270 Hettstedt

## Verfahren und Vorrichtung zur metallurgischen Behandlung von Metallschmelzen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur metallurgischen Behandlung von Metallschmelzen, vorzugsweise Al-Schmelzen sowie eine Gießöfen betreffende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Der Stand der Technik innerhalb der NE-Metallurgie, besonders der Al-Metallurgie, ist dadurch gekennzeichnet, daß das Einsatzgut (Hütten-Aluminium, Legierungselemente und ein bestimmter Anteil Kreislaufmaterial) in gas-, elektro- oder ölbeheizten Öfen aufgeschmolzen wird und mittels Überführungsrinne oder einer Transportpfanne zum Gieß- oder Warmhalteofen transportiert wird.

In den Transportgefäßen, speziellen Einrichtungen oder an Gieß- bzw. Warmhalteöfen können weitere metallurgische Verfahrensschritte durchgeführt werden. Daran anschließend erfolgt das Vergießen der behandelten Metallschmelzen entweder kontinuierlich an Stranggußanlagen, z. B. Bandgießanlagen, oder diskontinuierlich an den Formgußmaschinen.

Metallurgische Verfahrensschritte können

- das Spülen der Schmelze mit inerten Gasen,
- die Behandlung der Schmelze mit Salzen,
- Chlorpatronen oder anderen Chemikalien,
- eine Vakuumentgasung,
- eine Filterung der Schmelze u. a.

darstellen. Sie erfordern spezielle Einrichtungen, die oft

mit sehr hohem apparativem Aufwand verbunden sind. Die metallurgischen Verfahren sind nur dann voll wirksam, wenn nach ihrer Durchführung die flüssige Schmelze entweder auf ihrem Weg bis zur Gießeinrichtung mit der Atmosphäre nicht wieder in Berührung kommt oder im Falle von Al-Schmelzen der Transport des flüssigen Metalls im Oxidschlauch erfolgt.

Wird der Transport der Schmelze in offenen Pfannen, durch Rinnen oder andere Vorrichtungen durchgeführt, die mit der Umgebungsluft in Verbindung stehen und in denen außerdem Turbulenz der Metallschmelze entsteht, so sind Oxydation und Gasaufnahme durch die Schmelze bei Al-Werkstoffen nicht zu vermeiden. In diesen Fällen wird die Wirkung einer vorausgegangenen metallurgischen Behandlung der Schmelze, beispielsweise einer Vakuumentgasung, aufgehoben. Um diese Mängel zu vermeiden, muß die Metallförderung vom Gießofen zur Gießeinrichtung

- bei feststehenden Öfen über eine Stopfenregelung, verbunden mit einer Rinne,
- durch ein geschlossenes Rohrsystem, verbunden mit einer Induktionspumpe oder
- ein Steigrohr im Gießofen und ein sich anschließendes Rinnensystem

erfolgen. Die Rinnen müssen dabei so gestaltet werden, daß ein Aufreißen des Oxidschlauches im Falle von Al-Werkstoffen nicht eintreten kann. Werden geschlossene Rohrsysteme mit Induktionspumpen verwendet, so entsteht hoher apparativer Aufwand.

Zur Vakuumentgasung einer Schmelze verwendet man in den meisten Fällen den üblichen Rinneninduktionsofen, dessen Ofengehäuse als druckdichter Metallmantel ausgebildet oder als gesamter Ofen in einem geschlossenen Metallbehälter so angeordnet ist, daß er evakuiert werden kann.

Vorzugsweise werden netzfrequenzbetriebene Rinneninduktionsöfen eingesetzt, um während der Vakuumbehandlung die Wärmeverluste in der Schmelze auszugleichen und eine elektro-magnetische Durchrührung der Schmelze zu erhalten. Die Entgasung wird durchgeführt, indem im Ofen der Raum oberhalb einer Metallschmelze evakuiert wird, so daß an der Oberfläche der Metallschmelze die Entgasung erfolgt. Ausführungsbeispiele, die in der Patentliteratur beschrieben werden (DT-AS 1 458 804 oder DT-AS 1 227 926) gestatten bei Anwendung der Vakuumentgasung in der Al-Metallurgie eine erhebliche Verminderung des Gas- und Oxidanteils. Sie sind jedoch mit dem vorstehend bereits erwähnten Nachteil behaftet, daß im Nachgang der Entgasung durch Turbulenz der Metallschmelze und Berührung mit der Umgebungsluft bei der Entleerung durch Kippen des Ofeninhalts in eine Transportpfanne oder eine Überführungsrinne, die das Metall zum Gießofen oder zu einer Gießeinrichtung führt, erneute Gas- und Oxidaufnahme zustande kommt, so daß die erreichten Ergebnisse der Vakuumentgasung teilweise oder voll aufgehoben werden.

Wird die Vakuumentgasung von Metallschmelzen angewendet, so kann durch eine zusätzliche Spülung mit einem neutralen Gas eine weitergehende Entgasung erreicht werden. Ein Ausführungsbeispiel (DT-OS 1 583 211) verwendet dafür einen Rinneninduktionsofen, der in allen seinen Teilen im wesentlichen luftdicht ausgeführt ist. Der Induktor ist seitlich am Schmelztiegel bzw. an der Gießpfanne angebaut. Die Entgasung erfolgt zunächst, indem im Tiegel über der Schmelze ein Vakuum aufgebaut wird. Eine weitere Entgasungsmöglichkeit wird bei Stahl und anderen geschmolzenen Metallen darin nach oben zu leiten. Im Ausführungsbeispiel ist ein Gasanschluß am Induktor vorgesehen. Diese Ausführung mit einer Zuleitung des Gases über eine Druckleitung sichert nicht, daß alle Bereiche des flüssigen Metalls vom Gasstrom erfaßt werden.

Außerdem ist keine Angabe beigefügt, welches neutrale Gas eingesetzt werden soll. Das beschriebene Verfahren ist mit den gleichen Nachteilen behaftet, wie sie für die Vakuumentgasung im Rinnenschmelzofen aufgeführt wurden: Im Falle einer Vakuumbehandlung und einer Spülung mit neutralem Gas in Schmelztiegel tritt ebenso wie im Falle der Anwendung in einer Gießpfanne durch Kippen des Tiegels oder der Pfanne zum Zwecke der Entleerung Luftberührung und Turbulenz auf, so daß erneute Gasaufnahme und Oxydation bei Al-Schmelzen die unbedingte Folge darstellen.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Patentliteratur (DT-AS 1508 108) wird die Vakuum- mit einer Druckbehandlung verbunden. Auch hier wird der bekannte Rinneninduktionsofen mit einer oder mehreren abnehmbaren Induktoreinheiten angewendet. Die Induktionsheizung gleicht die Wärmeverluste in der Schmelze aus und ermöglicht eine ständige Durchrührung der Schmelze. Die Vakuum- und Druckbehandlung wird in einem Gefäß durchgeführt. Sie bezieht sich im Ausführungsbeispiel auf die Verringerung des Sauerstoffgehaltes unter ca. 0,0003 % in einer Stahlschmelze. Dabei wird zuerst eine Vakuumbehandlung ausgeführt und im Anschluß daran die Schmelze einer Druckbehandlung unterzogen. Zu diesem Zweck wird Luft oder ein Inertgas in den Ofenraum oberhalb der Schmelze gedrückt und gleichzeitig Ca in die Schmelze eingeleitet.

Verfahren und Vorrichtung sind für die Aluminium-Metallurgie in dieser Kombination nicht anwendbar. Die Vakuumbehandlung zur Senkung des Gas- und Oxidanteils wird in der gleichen Weise - wie bereits beschrieben - ausgeführt, die sich anschließende Druckbehandlung im Ofenraum über der Schmelze führt zu keiner weiteren Senkung des Gas- und Oxidanteils in der Schmelze.

Die Nachteile, die für eine Vakuumentgasung im Rinneninduktionsofen genannt wurden, lassen sich vermeiden, wenn mit 2 geschlossenen Gefäßen und geschlossenen Rohrsystemen

gearbeitet wird. Bei einem derartigen Ausführungsbeispiel (DT-OS 2 058 669) wird die Al-Schmelze aus einem Schmelz- oder Mischofen durch ein geschlossenes Rohrsystem, das die Schmelze unterhalb des Badspiegels entnimmt, in ein evakuiertes Behandlungsgefäß gesaugt. Hier findet unter dem Einfluß des Vakuums die Entgasung der Schmelze statt. Der Transport der Schmelze von Schmelzofen zum Behandlungsgefäß kann auch mittels Induktionspumpe durchgeführt werden. Eine Ableitung vom Behandlungsgefäß, das mit einer Fördereinrichtung (Induktionspumpe) versehen ist, verbindet das Behandlungsgefäß unmittelbar mit dem Verbraucher (Gießeinrichtung). Die Einrichtung eignet sich sowohl für den chargenweisen als auch für den kontinuierlichen Betrieb, da das im Behandlungsgefäß erzeugte Vakuum ständig aufrechterhalten bleiben kann. Der Nachteil der Vorrichtung besteht darin, daß für die Vakuumentgasung zwei Gefäße - als Schmelzofen und Behandlungsgefäß bezeichnet - sowie geschlossene Rohrverbindungen, Induktionspumpen und Ventile in den unterschiedlichsten Ausführungsformen erforderlich sind, so daß die angestrebte Entgasung der Schmelze mit großem apparativem Aufwand erkauft werden muß. Der Nachteil des Verfahrens besteht darin, daß nicht alle metallurgischen Behandlungen, z. B. Vakuumbehandlung und sich anschließende Inertgasspülung der Schmelze, durchgeführt werden können, sondern nur die Vakuumentgasung sowie die Zugabe von Legierungselementen und Zuschlagstoffen.

Zweck der Erfindung ist es, die vorerwähnten Mängel zu beseitigen, den Gas- und Oxidgehalt von Metallschmelzen, vorzugsweise Al-Schmelzen, so abzusenken, daß im Fall der Verarbeitung der Schmelze zu Formgußteilen Ausschuß durch Porosität (Verminderung der mechanischen Festigkeit von Querschnitten) und Oberflächenfehler sowie Nacharbeit durch zusätzliche Verdichtung des Gefüges vermieden werden, im Fall des Stranggießens und der Weiterverarbeitung zu

Halbzeugen kein Ausschuß durch Fehler im Gefüge (Gasblasen oder Oxideinschlüsse) mit ihren negativen Auswirkungen auf Streckgrenze, Zugfestigkeit und Dehnung sowie keine Oberflächenfehler entstehen. Bei Verarbeitung zu Al-Folie im Dickenbereich 5 - 12  $\mu$ m wird durch zu hohe Gas- und Oxidgehalte zu hohe Porosität der Folie und damit Ausschuß erhalten.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, in einem Gießofen sowohl eine Vakuumbehandlung als auch eine Inertgasspülung der Schmelze durchzuführen, um den Gas- und Oxidanteil der Schmelze, insbesondere bei Aluminiumwerkstoffen, wirkungsvoll zu verringern. Die sich anschließende Entleerung des Gießofens muß dabei so durchgeführt werden, daß das Metall ohne Turbulenz bis zur Gießeinrichtung geführt wird, um die Wirkung der Vakuumentgasung und der Inertgasspülung auf die Schmelze aufrechtzuerhalten.

Erfindungsgemäß besteht das Verfahren zur metallurgischen Behandlung von Metallschmelzen, vorzugsweise Aluminiumschmelzen, aus dem zeitlich aufeinander folgenden Ablauf der Vakuumbehandlung und Inertgasspülung einer Schmelze in einem Rinneninduktionsofen, der Entnahme der Schmelze aus dem Ofen aus einem Bereich unterhalb der Badoberfläche mittels Steigrohr, ohne daß dabei Turbulenz des flüssigen Metalls auftritt, und der Zuleitung der Schmelze zu einer Gießeinrichtung ohne erneute Gas- oder Oxidaufnahme.

Die dazu erforderliche Vorrichtung, die der Erfindung zugrunde liegt, ist der bekannte Rinneninduktionsofen mit einem oder mehreren an Ofengehäuse angeflanschten Induktoren. Der Ofen ist mit der üblichen feuerfesten Auskleidung versehen und mittels einem äußeren Stahlblechmantel druckdicht ausgeführt.

Die Zuführung der Schmelze in die erfindungsgemäße Vorrichtung erfolgt über eine Zuführrinne direkt oder über eine Transportpfanne. Zu diesem Zweck wird der kombinierte Vakuum-Druckdeckel geöffnet. Der Rinneninduktionsofen ist mit folgenden Zusatzeinrichtungen ausgestattet:

- Zuführeinrichtung für inerte Gase am Boden des Ofengefäßes
- Ableitungseinrichtung zur Evakuierung des Ofengefäßes mittels einer oder mehrerer Pumpen
- einem Steigrohr zur Metallentnahme unterhalb der Badoberfläche und Förderung des schmelzflüssigen Metalls mit Hilfe von Druckluft aus dem Ofen.

Nachdem der Gießofen mit Metall gefüllt und der kombinierte Vakuum-Druckdeckel geschlossen ist, wird über eine Ringleitung ( $\varnothing$  des Ringes ca. 1 m), die einige, meist 4 - 8 Abgänge, in symmetrischer Anordnung besitzt, die jeweils in einem Spülstein enden, ein inertes Gas, z. B. Stickstoff oder Argon, durch die Schmelze geleitet. Diese Zuleitung vom Boden des Ofens und die symmetrische Anordnung der Spülsteine gestatten eine gleichmäßige Verteilung des Gases bei der Behandlung der Schmelze. Der Druck des inertes Gases ist abhängig von der Ofengröße und muß so eingestellt werden, daß der Widerstand der Flüssigkeitssäule der Schmelze überwunden wird. Die Behandlungsdauer liegt zwischen 5 und 30 Minuten je nach Metallinhalt des Ofens.

Das sich im Ofenraum oberhalb der Schmelze sammelnde Gasluft-Gemisch wird über die Entgasungsleitung nach außen geführt. Diese Maßnahme ist erforderlich, um den unteren Grenzdruck der Druckentleerung über das Steigrohr nicht zu überschreiten (die Druckentleerung beginnt bei  $p \ 0,2 \text{ atü}$ ).



Nach Abschluß der Inertgasspülung wird durch Weiterbetreiben der Vakuumpumpe bzw. der Pumpen, die über die Entgasungsleitung mit dem Ofenraum in Verbindung stehen, das in diesem Ofenraum befindliche Gas-Luft-Gemisch abgesaugt und allmählich ein Unterdruck erzeugt. Wird der Unterdruck auf wenige Torr erhöht, so beginnt in der Grenzfläche Metallschmelze - Ofenraum eine wirkungsvolle Entgasung. Die Zeitdauer dieser metallurgischen Behandlung ist vom Metallinhalt und damit der Ofengröße abhängig und liegt zwischen 20 und 60 Minuten. Die Entgasung wird durch die als Folge der induktiven Heizung auftretende Badbewegung unterstützt, da ständig neues Metall an die Grenzfläche gelangt. Außerdem gleicht die induktive Heizung die während der Inertgasspülung auftretenden Wärmeverluste der Schmelze aus. Nach Beendigung der Entgasung wird die Schmelze aus dem Ofen gedrückt.

Die Reihenfolge der metallurgischen Behandlungen Inertgasspülung - Vakuumentgasung kann ebenso umgekehrt werden, so daß der Vakuumentgasung eine Inertgasspülung in der beschriebenen Weise folgt.

Sind die metallurgischen Behandlungen beendet, so wird die Schmelze durch Druckluft, die in den Ofenraum oberhalb der Schmelze eingeleitet wird, über ein Steigrohr aus dem Gießofen befördert. Damit erfolgt die Entnahme der Schmelze unterhalb des Badspiegels, so daß als Folge der Inertgasspülung auf der Oberfläche befindliche Oxide den Ofen nicht verlassen können. Der Transport der Schmelze zur Gießeinrichtung, beispielsweise einer Bandgießanlage, wird entweder in einem geschlossenen Rohrsystem, das sich an das Steigrohr anschließt, oder an einer offenen Rinne vorgenommen. In letzterem Fall muß jede Turbulenz vermieden werden, um ein Aufreißen des Oxidschlauches zu vermeiden. Die Zuordnung von zwei Gießöfen zu einer Gießeinrichtung ist dann zweckmäßig, wenn kontinuierlicher Gießbetrieb angewendet werden soll.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Aus der zugehörigen Zeichnung ist ersichtlich:

Der Rinneninduktionsofen gemäß Fig. 1 mit seiner feuerfesten Ausmauerung 1 wird durch einen schwenkbaren, kombinierten Vakuum-Druckdeckel 4 fest verschlossen. Ein Induktor oder mehrere Induktoren 2 sind am äußeren Stahlmantel des Ofengefäßes angeflanscht, so daß eine feste Verbindung zwischen dem Ofengefäß und dem Induktor bzw. den Induktoren besteht. Die Zuführung des inertes Gases zum Boden des Ofengefäßes erfolgt durch eine Ringleitung 10 und in der Regel vier bis acht Rohre 12, die jeweils in einem Spülstein 8 enden. Von hier aus wird das inerte Gas durch die Schmelze 3 durchgedrückt. Luft und Abgase, die sich im Raum 13 über der Metallschmelze sammeln, verlassen durch die Rohrleitung 9 und das Wegeventil 5 sowie die Rohrleitung 7 das Ofengefäß. Rohrleitung 7 steht mit einer oder mehreren Vakuumpumpen in Verbindung.

Ist die Behandlung der Schmelze 3 mit Inertgas beendet, d. h. hört die Zufuhr des Inertgases auf, entsteht beim Weiterbetreiben der Vakuumpumpen im Raum über der Metallschmelze 13 ein Unterdruck von wenigen Torr. Inertgasspülung und Vakuumentgasung können mit der gleichen Vorrichtung in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt werden. Die Metallentleerung aus dem Rinneninduktionsofen erfolgt mittels Druckluft, die über die Rohrleitung 6, das Wegeventil 5 (das nach Beendigung der Entgasung umgestellt werden muß) und die Rohrleitung 9 in den Raum 13 über die Metallschmelze geleitet wird. Sie wirkt auf die Metalloberfläche und drückt die Schmelze 3 durch das Steigrohr 11 aus dem Ofengefäß zur Gießeinrichtung.

## Patentansprüche:

1. Verfahren zur metallurgischen Behandlung von Metallschmelzen, vorzugsweise Aluminiumschmelzen, dadurch gekennzeichnet, daß eine in einem Gieß- oder Warmhalteofen befindliche Schmelze (3) zeitlich aufeinanderfolgend einer Spülung mit Inertgas sowie einer Entgasung mittels Unterdruck in einem Raum über der Metallschmelze (13) oder in umgekehrter Reihenfolge unterzogen wird. Die Zuführung des Metalls zur Gießeinrichtung erfolgt, indem die Schmelze (3) unterhalb des Badspiegels durch Einleitung von Druckluft in den Raum über der Metallschmelze (13) durch ein Steigrohr (11) aus dem Ofen befördert und über ein geschlossenes Rohr oder eine offene Rinne ohne Turbulenz weitergeleitet wird.
2. Verfahren zur metallurgischen Behandlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Inertgasspülung Stickstoff oder Argon verwendet werden, die Behandlungszeit zwischen 5 und 30 Minuten je nach Ofeninhalt liegt und das inerte Gas über eine Ringleitung (10) entsprechenden Durchmessers mit meist vier bis acht symmetrisch angeordneten Abgängen (12) in jeweils einem Spülstein (8) endet, vom Boden des Ofens durch die Schmelze (3) geleitet wird, gleichzeitig jedoch die Absaugung des über der Schmelze (3) befindlichen Luft/Gasgemisches einsetzt, um hier den Druck unter  $p \ 0,2 \text{ atü}$  zu halten, bei der Vakuumentgasung über eine oder mehrere Pumpen in diesem Raum über der Metallschmelze (13) ein Unterdruck von wenigen Torr erzeugt wird, nachdem die Zuleitung von Inertgas beendet ist, die Behandlungszeit je nach Ofeninhalt zwischen 20 und 60 Minuten eingestellt wird und im Anschluß daran durch Einleitung von Druckluft in den

Raum über der Metallschmelze (13) über das Steigrohr (11) aus dem Ofen transportiert wird. Dabei liegt der Anfangsdruck bei ungefähr 0,2 atü, der Enddruck ist abhängig von der Größe der Metallsäule und damit abhängig von Ofengröße und Metallinhalt.

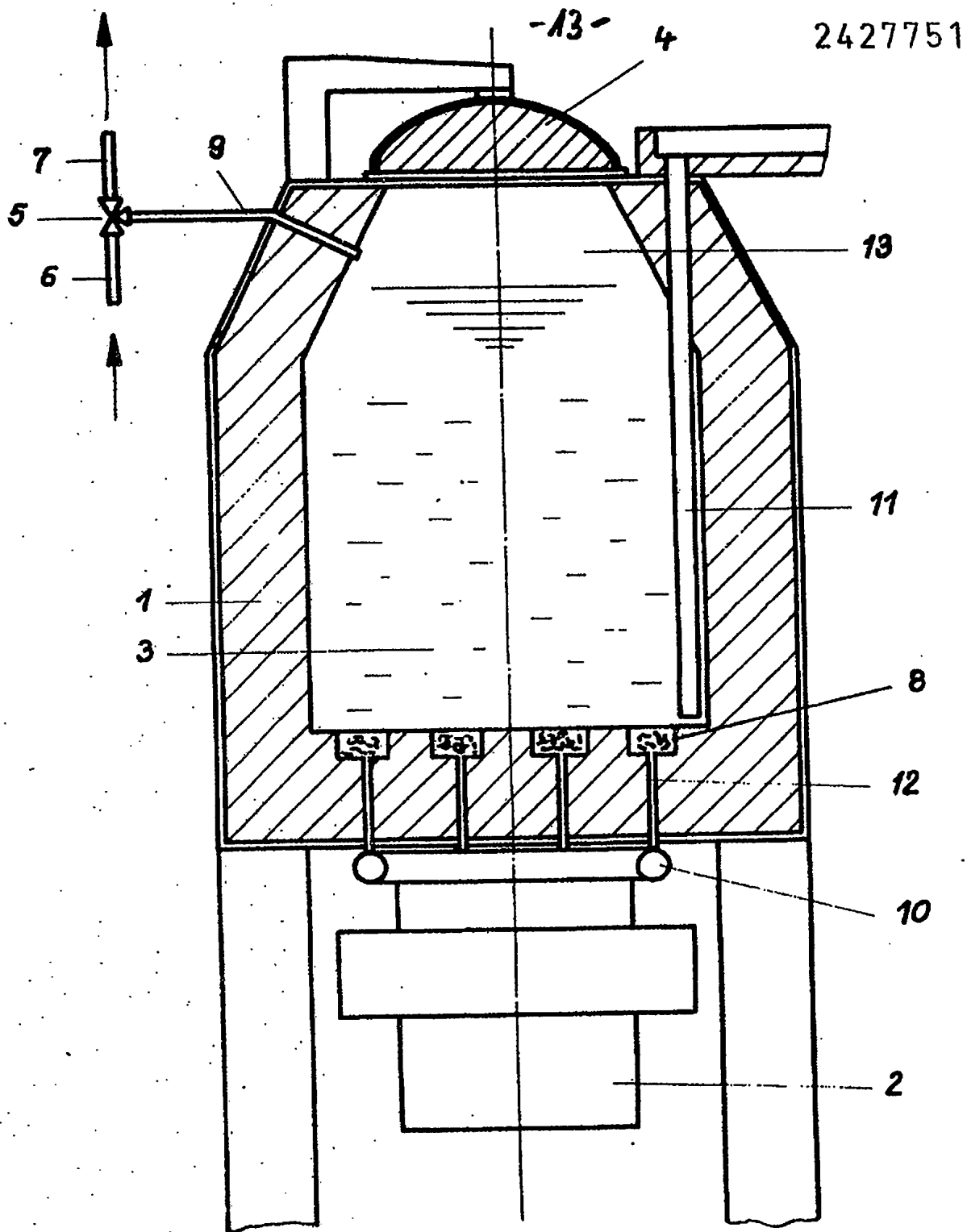
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rinneninduktionsofen bekannter Ausführung mit einem oder mehreren Induktoren (2) und einem kombinierten Vakuum/Druckdeckel (4) verschlossen, durch eine Ringleitung (10) am Boden des Ofens und meist vier bis acht Abgänge (12), die jeweils in einem Spülstein (8) enden, ein Inertgas durch die Schmelze (3) geleitet werden kann, im gleichen Ofen zeitlich darauffolgend eine Entgasung durchgeführt wird, indem im Raum über der Metallschmelze (13) ein Unterdruck dadurch erzeugt wird, daß Luft und Abgase über eine Rohrleitung (9), ein Wegeventil (5), eine Rohrleitung (7) und eine oder mehrere Pumpen abgesaugt werden und die Entgasung an der Badoberfläche eingesetzt sowie nach Abschluß dieser Behandlung die Schmelze (3) mittels Druckluft durch eine Rohrleitung (6), das Wegeventil (5) und die Rohrleitung (9) in den Raum über der Metallschmelze (13) eingeleitet wird, über ein Steigrohr (11) den Ofen verläßt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Steigrohr (11) in einem geschlossenen Rohr endet, welches direkt mit einer Gießeinrichtung in Verbindung steht.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

**Aufstellung der verwendeten Bezugszeichen:**

1	=	feuerfeste Ausmauerung
2	=	Induktoren
3	=	Schmelze
4	=	kombinierter Vakuum-Druckdeckel
5	=	Wegeventil
6	=	Rohrleitung
7	=	Rohrleitung
8	=	Spülstein
9	=	Rohrleitung
10	=	Ringleitung
11	=	Steigrohr
12	=	Abgänge
13	=	Raum über der Metallschmelze



F 27B 19-00 AT: 08.06.1974 OT: 09.01.1975

**Fig. 1**

409882/0835